

**PENGARUH PERLAKUAN AWAL BASA DAN HIDROLISIS ASAM
TERHADAP KADAR GULA REDUKSI AMPAS TEBU**

[The effect of alkali pretreatment and acid hydrolysis
on bagasse-reduced sugar].

Sutikno*, Marniza, Novita Sari

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

*Email korespondensi: sutikno.1956@fp.unila.ac.id

Diterima: 18-02-2015

Disetujui: 17-07-2015

ABSTRACT

Bagasse, solid waste by product of sugar cane industries, contains high lignocellulose consisting of 46.3% cellulose, 23.0% hemicellulose and 19.7% lignin. The bagasse can be converted into bioethanol after pretreating with base and acid and then fermenting with microbes. The objective of this study was to find out the effects of sodium hydroxide pretreatment and sulfuric acid hydrolysis on bagasse reduced sugar content. In this study, there were 2 treatments with 3 replications. The first treatment was submersion bagasse into 1.0 NaOH solutions at a temperature of 121°C for 15 minutes. The second treatment was concentrations of sulphuric acid (H_2SO_4) that consisted of 5 levels, i.e. 0 M, 0.05 M, 0.10 M, 0.20 M, and 0.30 M. One and an half grams of dried and ground bagasse was put into 100 mL Erlenmeyer flash and then added with 30 mL 1.0 M NaOH solution. The flash was heated at a temperature of 121°C for 15 minutes. After filtering, the residue was hydrolyzed with H_2SO_4 solution. The residue as well as 1.5 g dried and ground bagasse without pretreating with NaOH was hydrolyzed with 15 mL H_2SO_4 at concentrations of 0, 0.05, 0.10, 0.20, and 0.30 M at a temperature of 121°C for 15 minutes. Filtrates of the solutions were taken to analyze their reduced sugar content. Reduced sugar content of the bagasse samples ranged from 0.05 to 4.20 mg/100 mL. The highest reduced sugar content (4.20 ml/mL) was yielded when bagasse was directly, hydrolyzed with 0.05 M H_2SO_4 at a temperature of 121°C for 15 minutes.

Keywords : Bagasse, bioethanol, lignocellulose, sulphuric acid, reducing sugar.

ABSTRAK

Bagas tebu, yang merupakan limbah padat pabrik gula, mengandung linoselulosa tinggi yang terdiri dari 46.3% selulosa, 23.0% hemi selulosa, and 19.7% lignin. Bagas dapat dikonversi menjadi etanol setelah perlakuan awal dengan basa, hirolisis dengan asam, dan fermentasi dengan mikroba. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menemukan pengaruh perlakuan awal dengan larutan NaOH, dan hidrolisis dengan asam terhadap kadar gula reduksi bagas. Dua perlakuan dengan tiga ulangan diterapkan pada penelitian ini. Perlakuan pertama yaitu pemanasan bagas dalam larutan NaOH pada kosentrasi 0, dan 1,0 M. Perlakuan kedua yaitu hidrolisis dalam larutan H_2SO_4 yang terdiri dari 5 level (0 M, 0.05 M, 0.10 M, 0.20 M, dan 0.30 M). Satu setengah gram bubuk bagas kering dimasukkan dalam 100 mL Erlenmeyer yang berisi 30 mL larutan NaOH. Larutan tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah disaring, residu dihidrolisis dengan 15 mL larutan H_2SO_4 pada suhu 121°C selama 15 menit. Filtratnya diambil dan dianalisis untuk menentukan kadar gula reduksinya. Kadar gula reduksi bagas berkisar antara 0,05 sampai 4.20 mg/mL. Kadar gula reduksi tertinggi terdapat pada bagas yang langsung dihidrolisis dengan 0,05 M H_2SO_4 pada suhu 121°C selama 15 menit.

Kata kunci : Asam sulfaat, bagas, etanol, gula reduksi, lignoselulosa.

PENDAHULUAN

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Bahan baku bioetanol yaitu bahan berpati atau biomasa limbah agroindustri yang mengandung selulosa dan hemiselulosa (Badger, 2002; Gomez *et al.*, 2008). Biomasa limbah agroindustri itu diantaranya ampas tebu, tandan kosong kelapa sawit, tongkol jagung, dan sekam.

Ampas tebu yang merupakan salah satu biomassa agroindustri yang mengandung selulosa dan hemiselulosa persediannya berlimpah dan harganya murah di Indonesia. Pada tahun 2009 tanaman tebu di Indonesia adalah 473.000 ha dan diperkirakan setiap hektar tanaman tebu mampu menghasilkan 4,7 ton ampas tebu. Maka potensi ampas tebu nasional dari total luas tanaman tebu mencapai 2.223.100 ton ampas. Sementara, biomassa limbah agroindustri ini kurang dimanfaatkan di Daerah Lampung.

Ampas tebu tidak dapat langsung difermentasi oleh mikroba menjadi bioetanol karena banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang merupakan senyawa kompleks. Menurut Septiyani (2011), ampas tebu mengandung 45,96% selulosa, 20,37% hemiselulosa, dan 21,56% lignin. Senyawa kompleks ini harus didelignifikasi terlebih dahulu menjadi gula sederhana (hexosa dan atau pentosa) sebelum difermentasi oleh mikroba menjadi bioetanol. Delignifikasi biomasa limbah untuk menghasilkan gula sederhana ini dikenal dengan perlakuan awal (*pre-treatment*). Perlakuan awal secara basa yang efektif untuk memisahkan lignin dari selulosa dan hemiselulosa limbah agroindustri telah ditemukan yaitu dengan 1 M NaOH atau lebih pada suhu ruang selama 48 jam atau

pada suhu 121°C selama 15 menit (Septiyani, 2011).

Selulosa dan hemiselulosa ampas tebu harus dihidrolisis menjadi gula sebelum dikonversi menjadi bioetanol. Hidrolisa asam dan hidrolisa enzimatik merupakan dua metode utama yang banyak digunakan khususnya untuk bahan-bahan lignoselulosa dari limbah pertanian (Musatto and Roberto, 2004). Hidrolisa selulosa secara enzimatik memberi *yield* etanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisa asam (Palmquist and Hahn-Hägerdal, 2000). Namun proses enzimatik merupakan proses yang mahal. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini digunakan hidrolisis secara asam, yaitu asam kuat (H_2SO_4) yang mampu menghidrolisis ikatan selulosa dan hemiselulosa pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu untuk menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Kondisi hidrolisis secara asam yang efektif dan efisien belum diketahui.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui konsentrasi asam dan waktu hidrolisis yang terbaik untuk menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa ampas tebu menjadi gula reduksi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan yaitu ampas tebu yang diperoleh dari PT. Gunung Madu Plantation Lampung Tengah; asam sulfat (H_2SO_4) 1 N, asam sulfat (H_2SO_4) 72 %, natrium hidroksida (NaOH) diperoleh dari CV. Yona Kimia, aquadest, reagent Nelson A, Nelson B dan arsenomolibdat yang didapatkan dari Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Unila. Peralatan yang digunakan antara lain mikropipet 1000 μ L (Thermo Scientific, Finnpiette F3), oven

(Philip Harris Ltd), timbangan 4 digit (Mettler M3000 Swiszerlan), grinder, ayakan (40 mesh), *shaker waterbath* (Polyscience), inkubator (Mettmert), kuvet spektrophotometer, autoklaf (WiseclaveTM), spektrofotometer (Milton Ray Company), DR 4000 (Shimadzu, USA), dan thermometer.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dua tahapan, yaitu tahapan perlakuan awal dengan basa dan tahap perlakuan asam (hidrolisis asam). Tahap perlakuan awal terdiri dari perlakuan awal basa dengan NaOH terhadap bahan baku, sedangkan tahap hidrolisis asam selulosa dan hemiselulosa ampas tebu dilakukan dengan menggunakan konsentrasi asam sulfat 0 M, 0,05 M, 0,1 M, 0,2 M, dan 0,3 M pada suhu 121 °C selama 15 menit sebanyak 3 kali ulangan. Kemudian data hasil pengamatan yang telah dihitung standar deviasinya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dianalisis secara deskriptif.

Pelaksanaan Penelitian

1. Perlakuan Awal

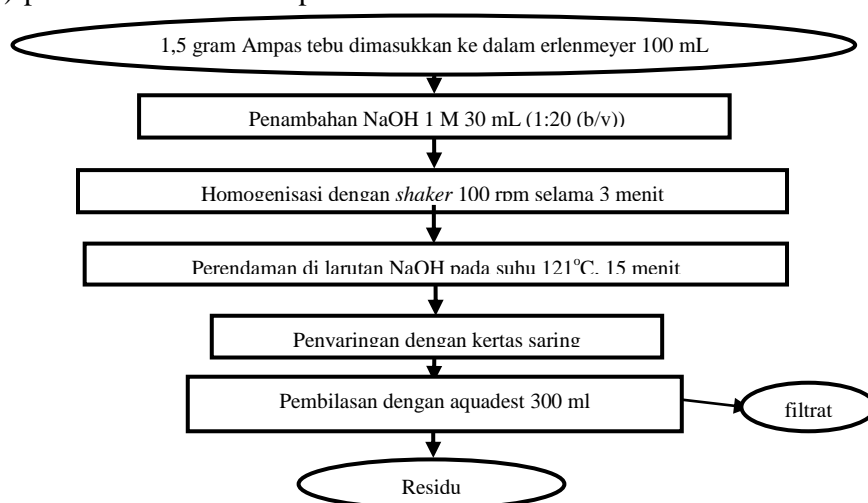
a. Persiapan Bahan Baku

Ampas tebu dikeringkan sampai berat konstan menggunakan oven (Philip Harris Ltd) pada suhu 105°C. Ampas tebu

kering dilakukan pengecilan ukuran dengan ukuran 40 mesh menggunakan ayakan ukuran 40 mesh. Bahan baku yang sudah kering dengan ukuran 40 mesh selanjutnya disimpan dalam kondisi kering (Samsuri *et al.*, 2007 yang telah dimodifikasi).

b. Perlakuan Awal dengan NaOH

Perlakuan awal bahan baku menggunakan metode Sutikno *et.al.*, (2010). Sampel ampas tebu dengan berat konstan dan ukuran 40 mesh ditimbang sebanyak 1,5 gram dimasukkan dalam erlenmeyer ukuran 100 mL, ditambahkan larutan NaOH dengan konsentrasi 1 M sebanyak 30 mL. Setelah itu, sampel ampas tebu tersebut dihomogenisasi menggunakan shaker (Adolf Kuhner AG CH-4127) dengan kecepatan 100 rpm selama 3 menit dan dipanaskan dalam otoklaf (WiseclaveTM) pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah itu, sampel dicuci dan dibilas menggunakan aquades sebanyak 300 mL. Kemudian bagian padat dikeringkan dalam oven (Philip Harris Ltd) pada suhu 105°C selama 24 jam (Sutikno *et al.*, 2010). Padatan ini kemudian diberi perlakuan asam (hidrolisis asam).



Gambar 4. Perlakuan awal dengan NaOH 1 M (Sutikno *et al.*, 2010)

2. Hidrolisis asam

Ampas tebu ditimbang sebanyak 1,5 gram (untuk perlakuan awal basa dengan NaOH dan tanpa perlakuan awal basa dengan NaOH) dimasukkan ke dalam erlenmeyer ukuran 100 mL, kemudian ditambahkan 15 mL H₂SO₄ pada masing-masing erlenmeyer dengan berbagai konsentrasi (0 M, 0,05 M, 0,1 M, 0,2 M, dan 0,3 M) dan dipanaskan dalam autoclave pada suhu 121 °C selama 15 menit. Kemudian filtrat dianalisis kadar gula reduksinya (Taherzadeh *et al.*, 2007 yang telah dimodifikasi).

Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah komponen lignoselulosa (lignin, hemiselulosa, dan selulosa) (Chesson dalam Datta (1981)) dan kadar gula reduksi (Nelson-Somogyi dalam Sudarmadji, *et al.*, (1984)).

Analisis kadar lignin dilakukan untuk mengetahui kandungan lignin yang terdapat pada bahan baku. Analisis kadar selulosa, kadar hemiselulosa dilakukan untuk mengetahui kandungan selulosa dan hemiselulosa yang terdapat pada bahan baku. Sedangkan analisis gula reduksi bertujuan untuk mengetahui kadar gula reduksi yang terdapat pada sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perlakuan Awal dengan Basa (NaOH)

Perendaman ampas tebu dalam larutan 1 M NaOH dapat menurunkan kadar lignin dan menaikkan kadar selulosa dan hemiselulosa. Perlakuan awal ini dilakukan pada suhu 121 °C selama 15 menit. Hasil analisis kadar lignoselulosa sebelum dan setelah perlakuan awal disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata kadar lignoselulosa ampas tebu sebelum dan setelah perlakuan awal dengan NaOH

Perlakuan NaOH	Lignin (%)	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)
Sebelum perlakuan awal	19,72 ±	23,01 ±	45,26 ±
Setelah Perlakuan awal	3,11±	27,83 ±	64,48 ±

Tabel 1 menunjukkan kadar lignin ampas tebu setelah diberi perlakuan awal menggunakan NaOH 1 M mengalami penurunan dari 19,72 % menjadi 3,11 %. Larutan NaOH 1 M yang merupakan larutan yang mampu memutus ikatan lignin bekerja secara optimal untuk mendegradasi lignin tanpa merusak selulosa dan hemiselulosa (Putri, 2010). NaOH mampu melunakkan ikatan lignin diantara selulosa sehingga serat akan terurai menjadi serat-serat tunggal. Selain itu, penambahan basa akan menyebabkan tingginya konsentrasi ion hidroksil dalam larutan pemasak sehingga mempercepat

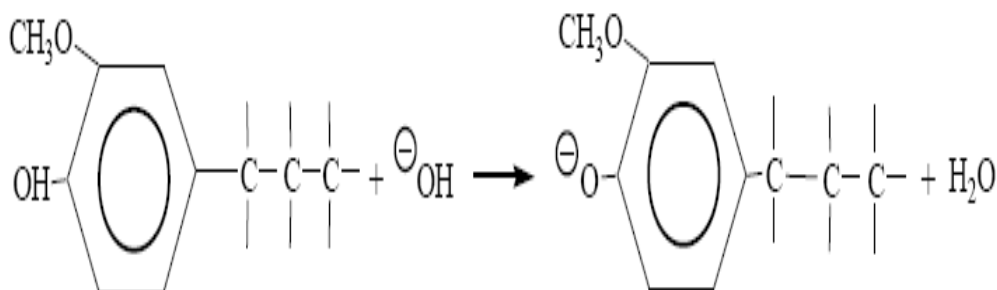
pemutusan pada ikatan intra molekul lignin saat ekstraksi dan mempercepat delignifikasi (Heradewi, 2007).

Tabel 1 menunjukkan pula perbedaan kadar selulosa ampas tebu yang cukup besar yang setelah diberi perlakuan awal yaitu menghasilkan kadar selulosa semula sebesar 45,26 % menjadi sebesar 64,48 % dibandingkan dengan kadar selulosa ampas tebu tanpa diberi perlakuan awal. Kandungan selulosa lebih tinggi disebabkan komponen lignin yang mengikat selulosa dan hemiselulosa telah terdegradasi dan larut saat proses pencucian dan pembilasan, sehingga

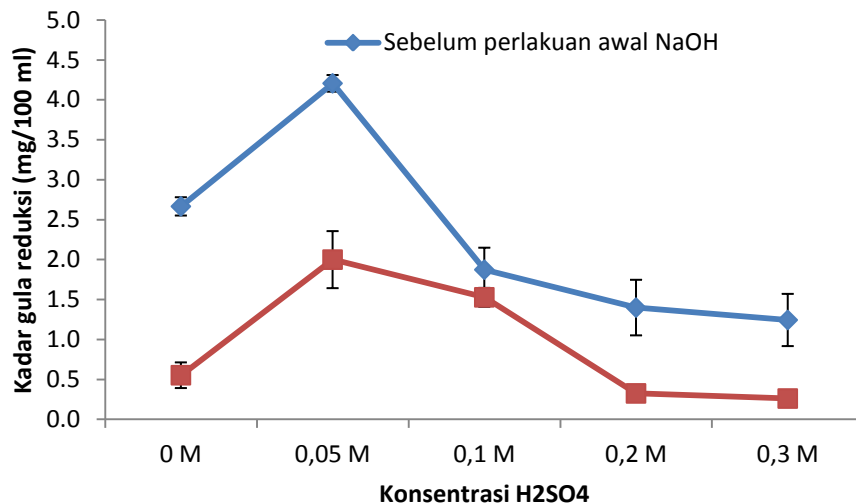
komponen selulosa meningkat persentasenya dari total seluruh komponen pada ampas tebu tersebut. Dengan terdegradasinya kadar lignin dalam jumlah yang cukup besar maka selulosa dan hemiselulosa dapat langsung dihidrolisis menggunakan asam sehingga dapat memperoleh gula reduksi yang lebih tinggi. Selama berlangsungnya proses pemasakan yang berisi larutan soda api (NaOH), polimer lignin akan terdegradasi dan kemudian larut dalam larutan pemasak. Larutnya lignin ini disebabkan oleh terjadinya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil bebas untuk membentuk air (H_2O) (Gilligan dalam Heradewi, 2007). Reaksi lignin menggunakan NaOH pada proses perlakuan awal (*pretreatment*) disajikan pada Gambar 1.

B. Hidrolisis Asam

Hidrolisis merupakan reaksi kimia yang memecah polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa, yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer-monomer sederhana. Hidrolisis selulosa secara asam dilakukan untuk menghasilkan glukosa, yang dalam penelitian ini ampas tebu yang telah diberi perlakuan awal basa dengan NaOH dan tanpa diberi perlakuan awal dilanjutkan dengan perlakuan hidrolisis secara asam dengan penambahan H_2SO_4 (0; 0,05; 0,1; 0,2 M; dan 0,3 M) pada suhu $121^\circ C$ selama 15 menit. Hasil analisis kadar gula reduksi dari ampas tebu yang diberi perlakuan awal NaOH dan tanpa perlakuan awal NaOH yang telah dihidrolisis dengan asam sulfat (H_2SO_4) pada berbagai konsentrasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Reaksi lignin menggunakan NaOH pada proses perlakuan awal (*pretreatment*) (Gilligan dalam Heradewi, 2007)



Gambar 2. Rata-rata kadar gula reduksi hasil hidrolisis ampas tebu sebelum dan setelah perlakuan awal basa (NaOH) 1 M dengan H₂SO₄

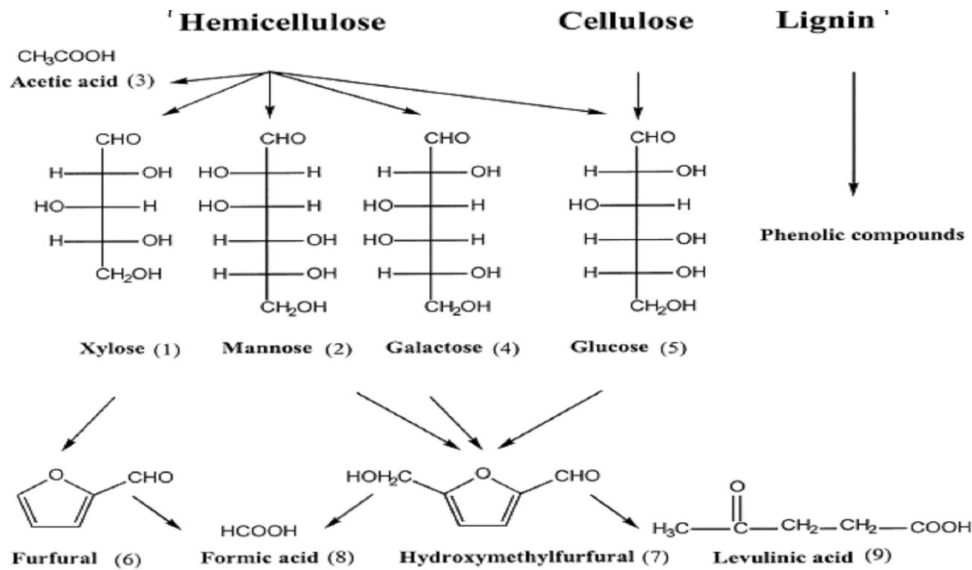
Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan awal basa dengan NaOH menghasilkan gula reduksi yang lebih rendah (Gambar 2). Hal ini dikarenakan NaOH dapat merubah monosakarida dan gugus akhir dari polisakarida menjadi berbagai asam karboksilat. Polisakarida berikatan (1-4) termasuk selulosa terdegradasi melalui mekanisme ekor yang dikenal dengan mekanisme pengelupasan (Achmadi, 1990). Selain itu, lama perendaman pada proses perlakuan awal memungkinkan kandungan selulosa mengalami penurunan dikarenakan berlangsungnya reaksi lanjutan dari NaOH yang akan mampu tidak hanya mendegradasi lignin tetapi juga mampu mendegradasi selulosa. Hasil penelitian memperlihatkan melalui proses hidrolisis secara asam encer ini sebenarnya telah mampu menghidrolisis hemiselulosa dan selulosa tanpa harus melewati perlakuan awal secara basa terlebih dahulu. Ampas tebu yang telah diberi perlakuan awal basa dengan NaOH dan tidak diberi perlakuan awal menghasilkan gula reduksi optimal pada konsentrasi 0,05 M berturut-turut adalah 2,0 mg/100 mL dan 4,2 mg/100 mL.

Peningkatan konsentrasi H₂SO₄ menghasilkan gula reduksi semakin rendah (Gambar 2). Hal tersebut dikarenakan proses hidrolisis menggunakan konsentrasi asam yang tinggi menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa turunannya (Gambar 2). Namun seiring dengan tingginya konsentrasi, glukosa dan senyawa gula lainnya akan lebih banyak terdegradasi membentuk hidroksi-metilfurfural dan furfural yang menyebabkan glukosa yang dihasilkan semakin rendah (Palmquist and Hahn-Hagerdal, 2000). Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida dari proses hidrolisis secara asam disajikan pada Gambar 3.

Gambar 2 menunjukkan pula bahwa ampas tebu tanpa diberi perlakuan awal yang dilanjutkan dengan hidrolisis secara asam pada konsentrasi H₂SO₄ 0,05 M, suhu 121 °C selama 15 menit menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi (4,2 mg/100 mL). Selain itu, pada penelitian ini perlakuan tanpa penambahan asam (H₂SO₄ 0M) tetapi dengan pemanasan suhu tinggi (121 °C) pada Gambar 2 menghasilkan glukosa

yang relatif tinggi. Hal ini membuktikan bahwa dengan perlakuan panas dapat

membantu mempercepat proses hidrolisis lignoselulosa ampas tebu menjadi glukosa.



Gambar 3. Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida dari proses hidrolisis secara asam (Palmquist and Hahn-Hagerdal, 2000)

Pada penelitian ini, hidrolisis secara asam dengan perlakuan konsentrasi H₂SO₄ 0-0,3 M menggunakan ampas tebu tidak diberi perlakuan awal lebih efektif digunakan untuk menghasilkan kadar gula reduksi optimal. Hal ini terlihat jelas pada Gambar 2, hasil hidrolis ampas tebu tanpa diberi perlakuan awal berbeda perlakuan dengan hasil hidrolisis ampas tebu setelah diberi perlakuan awal NaOH, berturut-turut yaitu sebesar 4,2 mg/100 mL dan 2,0 mg/100 mL. Selain itu, pada penelitian ini perlakuan tanpa penambahan asam (H₂SO₄ 0M) tetapi dengan pemanasan suhu tinggi (121 °C) pada Gambar 2 menghasilkan glukosa yang relatif tinggi. Hal ini membuktikan bahwa dengan perlakuan panas dapat membantu mempercepat proses hidrolisis lignoselulosa ampas tebu menjadi glukosa.

Parameter konsentrasi asam, suhu, dan waktu hidrolisa merupakan parameter yang penting pada proses hidrolisa asam (Mussatto and Roberto, 2004). Pada Gambar 4, peningkatan waktu hidrolisis

mampu meningkatkan kadar gula reduksi. Hal ini dikarenakan waktu kontak yang lama akan menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya. Namun, seiring lamanya waktu reaksi, furfural yang dihasilkan juga semakin besar.

Pada hasil penelitian Satyanagalakshmi, *et al* (2010) dengan bahan baku eceng gondok, perlakuan terbaik hidrolisis menggunakan konsentrasi H₂SO₄ 4 %, suhu 121 °C selama 75 menit menghasilkan gula reduksi sebesar 30 mg/mL. Sedangkan pada penelitian ini, H₂SO₄ yang digunakan 0,05 M (0,27 %), suhu 121 °C selama 15 menit menghasilkan gula reduksi sebesar 4,2 mg/100 mL. Oleh karena itu, dapat dikatakan hasil penelitian ini lebih efektif untuk menghasilkan gula reduksi yang tertinggi pada waktu hidrolisis yang cukup singkat.

KESIMPULAN

Perlakuan terbaik pada penelitian ini yaitu hidrolisis ampas tebu tanpa perlakuan awal NaOH dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) 0,05 M hidrolisis pada suhu 121 °C selama 15 menit. Perlakuan ini menghasilkan gula reduksi sebesar 4,2 mg/ 100 mL.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. 1990. Kimia Kayu. Bahan Pengajaran Universitas Ilmu Hayati. Institut Pertanian Bogor. 120 hlm.
- Badger, P.C. 2002. Ethanol from cellulose: A general review. P 17-21 In : J. Janick and A. Whipkey (eds) *Trenin new crop and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA., USA.
- Datta, R. 1981. Acidogenic fermentation of linocellulose acid yield and conversion of components. *Biotechno. Bioeng* 23. Hlm 2167-2170.
- Gomez, L.D., Steel-King, C.G., Mc Queen-Mason, J. 2008. Sustainable liquid biofuels from biomass : the writing's on the wall. *New Phytologist* (2008) 178 : 473-485.
- Heradewi. 2007. Isolasi Lignin Dari Lindi Hitam Proses Pemasakan *Organosolv* Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Skripsi. IPB. Bogor.
- Mussatto, S.I., and Roberto, I.C., 2004. Alternatives for detoxification of dilute-acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative process: a review. *Bioresource Technology*, 93, 1-10.
- Palmquist, E and Hahn-Hageral, B. 2000. A Review: Fermentation of lignocellulosic hydrolysate II, Inhibitor and mechanism of inhibitor; *Bioresource Technol.*
- Putri, F. Y. 2010. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Lama Perendaman TKKS (*Elaeis guinensis* JACQ) Terhadap Kadar Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin Untuk Produksi Biobutanol. Skripsi. Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Lampung. 96 hlm.
- Samsuri, M., Gozam, M., Mardias, R., Baiquni, M., Hermansyah, H., Wijanarko, A., Prasetya, B, dan Nasikin, M. 2007. Pemanfaatan selulosa bagas untuk produksi ethanol melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan enzim xilanase. *Makara Teknologi*. Vol. 11, No.1, April 2007 :17-24.
- Satyanagalakshmi, K., Sindhu, R., Binod, P., Janu, K. U., Sukumaran, R. K., and Pandey, A. 2010. Bioethanol production from acid pretreated water hyacinth by separate hydrolysis and fermentation. *Journal of Scientific and Industrial Research*. Vol. 70.
- Septiyani, R. 2011. Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Inkubasi Enzim Selulase Terhadap Kadar Gula Eduksi Ampas Tebu. Skripsi. Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Lampung. 53 hlm.
- Sudarmadji, S., Bambang, H., dan Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian* edisi ketiga. Liberty. Yogyakarta.
- Sutikno., Hidayati, S., Nawansih, O., Nurainy, F., Rizal, S., Marniza., dan Arion, R. 2010. Tingkat Degradasi Lignin Bagas Tebu Akibat Perlakuan Basa Pada Berbagai Kondisi. Disampaikan Dalam Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna di Politeknik Negeri Lampung Pada Bulan April. <http://blog.unila.ac.id/sutiknounila/category/research-activities>. Diakses pada tanggal 26 Juni. 2010.
- Taherzadeh, M.J., and Karimi, K. 2007. Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A review. *BioResources* 2 (3) : 472-499.